
RAPPORT

Sikringstiltak Steinselva, Jøa

OPPDRAUGSGIVER

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

EMNE

Tiltaksplan – sikringstiltak mot
kvikkleireskred i kvikkleiresone 2498
Steinselva vest og 2534 Steinselva øst

DATO / REVISJON: 16. april 2021 / 00

DOKUMENTKODE: 10223831-TVF-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Sikringstiltak Steinselva, Jøa	DOKUMENTKODE	10223831-TVF-RAP-001
EMNE	Tiltaksplan	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	OPPDRAGSLEDER	Guro Torpe Vassenden
KONTAKTPERSON	Priska Helene Hiller	UTARBEIDET AV	Mari M. Romstad / Guro T. Vassenden / Sigurd Sørås / Sølvi Wehn
KOORDINATER	SONE: UTM32V ØST: 6068 NORD: 71701	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Namsos		

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av NVE for å vurdere og avgrense kvikkleiresoner langs Steinselva på Jøa, samt prosjektere erosjonssikring langs Steinsbekken og utarbeide tiltaksplan for sikringstiltaket.

Steinselva ligger på Jøa i Namsos kommune, og renner gjennom to kvikkleiresoner; 2498 Steinselva vest og 2534 Steinselva øst. Begge sonene er klassifisert med faregrad «høy» og skadekonsekvens «alvorlig». Kartlegging av erosjonsforholdene i Steinselva viser kraftig erosjon, og er vurdert til erosjonsscore 3.

Som forebyggende tiltak mot kvikkleireskred som kan true bebyggelsen/infrastruktur i området er det behov for erosjonssikring av Steinselva over en strekning på ca. 1000 m. Erosjonssikringen innebærer at faregraden i kvikkleiresone 2498 Steinselva vest reduseres fra «høy» til «middels» og faregraden i kvikkleiresone 2534 Steinselva øst reduseres fra «høy» til «lav». Det legges ikke opp erosjonssikring, dvs. ikke motfyllinger som øker stabiliteten til et sikringsnivå som klargjør området for ny utbygging iht. krav i TEK17 og NVEs retningslinjer.

					
00	16.04.21	Utarbeidelse rapport	Guro T. Vassenden	Mari M. Romstad	Anders Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Beliggenhet.....	5
1.3	Planlagt sikringstiltak.....	5
2	Grunnlag.....	6
2.1	Geoteknisk vurdering.....	6
2.2	Forhold til offentlige planer.....	6
3	Teknisk beskrivelse av tiltaket	7
3.1	Formål, utforming og omfang.....	7
3.2	Prosjekteringsmodell	7
3.3	Forberedende arbeider.....	7
3.4	Erosjonssikring av Steinselva	8
3.5	Sikker anleggsutførelse.....	8
3.6	Avsluttende arbeider	8
4	Naturmangfold	9
5	Virkninger.....	10
5.1	Stabilitet.....	10
5.2	Hydrauliske forhold.....	10
5.3	Kulturminner.....	11
5.4	Brukerinteresser	11
6	Kostnadsoverslag.....	11
7	Gjennomføring	12
8	Oppfølging og vedlikehold	12
9	Referanser	13
10	Vedlegg 1 – Flomberegning og hydraulisk modellering.....	14
10.1	Hydrologi	14
10.2	Hydraulikk	15
10.2.1	Mannings formel.....	15
10.2.2	2D modellering	16
10.3	Sammenligning av beregningsmetodikk.....	17
10.4	Dimensjonering av erosjonssikring.....	18

TEGNINGER

10223831-RIG-TEG	-600.1	Tverrprofiler pel 0-150
	-600.2	Tverrprofiler pel 200-350
	-600.3	Tverrprofiler pel 400-530
	-600.4	Tverrprofiler pel 550-700
	-600.5	Tverrprofiler pel 750-900
	-600.6	Tverrprofiler pel 950-1030
	-800.1	Lengdeprofil pel 0-530
	-800.2	Lengdeprofil pel 540-1030
	-900	Situasjonsplan, oversikt over planlagt tiltak

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

På formiddagen 26. september 2019 gikk det et leirskred ved Botnet på Jøa, Namsos kommune. Skredet demmet opp Steinselva langs en strekning på ca. 150 meter med rundt 2 meter vannstand i det nye elveløpet. Skredet ble antatt utløst av erosjon forårsaket av stor vannføring i Steinselva, kombinert med store nedbørsmengder over lengre tid.

Multiconsult er engasjert av NVE for å vurdere og avgrense kvikkleiresoner langs Steinselva på Jøa, samt prosjektere erosjonssikring langs Steinsbekken og utarbeide tiltaksplan for sikringstiltaket. Foreliggende rapport er tiltaksplanen for sikringstiltaket i Steinselva.

1.2 Beliggenhet

Steinselva ligger på Jøa i Namsos kommune. Elva munner ut i Faksdalsvågen, se Figur 1. På vei mot utløpet går bekken gjennom to kvikkleiresoner klassifisert til «høy» faregrad og «alvorlig» skadekonsekvens: 2498 Steinselva vest og 2534 Steinselva øst.



Figur 1: Oversiktskart over Steinselva (markert i rødt) på Jøa

1.3 Planlagt sikringstiltak

Som forebyggende tiltak mot kvikkleireskred som kan true bebyggelsen i området er det behov for erosjonssikring av Steinselva over en strekning på om lag 1 km, henholdsvis ca. 530 m og 490 m nedstrøms og oppstrøms kulvert/Dunavegen. Det planlagte sikringstiltaket er prosjektert ut ifra farene som truer eksisterende bebyggelse. Dette innebærer at faregraden i kvikkleiresone 2498 Steinselva vest reduseres fra «høy» til «middels» og faregraden i kvikkleiresone 2534 Steinselva øst

reduseres fra «høy» til «lav». Det legges ikke opp til et sikringsnivå som klargjør området for ny utbygging, da det ikke foreligger planer for dette som Multiconsult kjenner til.

2 Grunnlag

2.1 Geoteknisk vurdering

Kvikkleiresonene 2498 Steinselva vest og 2534 Steinselva øst ble utredet av Multiconsult i februar 2021 /1/. Utredningen er basert på tidligere utførte grunnundersøkelser. Omfanget av grunnundersøkelsene er svært begrenset, men viser forekomst av kvikkleire ved Botnet og ved Fv.7080 /2//3/.

Multiconsult utførte i 2020 en stabilitetsvurdering etter skredet ved Botnet, hvor det vurderes til at det må utføres erosjonssikring av Steinselva for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot nye skred i skråningen /6/.

NVE har gjort en kartlegging av erosjonsforholdene i Steinselva /4/, som viser erosjon over strekninger av elva som berører kvikkleiresonene, se Figur 2. Erosjonen ble vurdert til erosjonsscore 3, kraftig erosjon. Det ble også observert flere utglidninger i skråningene langs elva.



Figur 2: Bilder tatt på befaring som viser erosjon langs Steinselva (foto: NVE)

Etter Multiconsult sin vurdering er der dermed behov for erosjonssikring i Steinselva slik at en hindrer initialutglidninger som kan medføre bakovergrepene kvikkleireskred.

2.2 Forhold til offentlige planer

Størstedelen av tiltaksområdet er avmerket i kommunedelplanens arealdel som spredt boligbebyggelse. Etter Multiconsults kjennskap foreligger det ikke planer av betydning for det planlagte sikringstiltaket.

3 Teknisk beskrivelse av tiltaket

3.1 Formål, utforming og omfang

For å oppnå en høyere sikkerhet mot kvikkleireskred i sone 2498 Steinselva vest og 2534 Steinselva øst vil Steinselva erosjonssikres med velgradert spengstein over en ca. 1 km lang strekning, se Figur 3.



Figur 3: Utsnitt av plantegning (-TEG-900) med markering av område for erosjonssikring langs Steinselva

Sikringstiltaket vil bidra til å hindre erosjon og utglidninger med potensiale for å utløse større kvikkleireskred. Tiltaksutførelsen vil føre til at faregraden i kvikkleiresone 2498 Steinselva vest reduseres fra «høy» til «middels» og faregraden i kvikkleiresone 2534 Steinselva øst reduseres fra «høy» til «lav». Sikringstiltaket inkluderer ikke motfyllinger av en størrelse som øker sikkerhetsnivået opp til NVEs retningslinjers og TEK17s krav til sikkerhet med hensyn på ny utbygging i sonene.

3.2 Prosjekteringsmodell

Sikringstiltaket i Steinselva er prosjektert i prosjekteringsverktøyet Civil 3D. Som utgangspunkt for prosjekteringen benyttes en terrengmodell basert på laserscannede høydedata fra Kartverket. Det er usikkerheter knyttet til terrengmodellen, da den ikke er oppdatert etter Statens vegvesen utførte erosjonssikringstiltak oppstrøms og nedstrøms kulverten. Det er gjort noen tilpasninger av terrengmodellen for å få med antatt dybde på elva samt endringer av løpet etter sikring utført av Statens vegvesen i 2017, for å gi mer korrekt estimat av nødvendig sikringsmasser. Alle tiltak er prosjektert i 2D/3D og kan leveres som filer til maskinstyring for anleggsmaskiner. I tillegg er det utarbeidet tradisjonelle lengde- og tverrprofil (se tegningsvedlegg).

3.3 Forberedende arbeider

Det planlegges å etablere to anleggsveger til sikringsområdet. En anleggsveg oppstrøms kulvert/Fv. 7080 og en ved utløpet i Faksdalvågen. Anleggsvegene kan etableres som veg i veiklasse 7/8 – traktorvei. Nødvendig tykkelse av bærelag vurderes ut fra stedlige forhold og årstiden anleggsarbeidene pågår.

Før oppstarten av arbeidet må skog og annen vegetasjon i tiltaksområdet ryddes. Trær og vegetasjon som skal bevares vil bli avmerket i felt. Massene vil bli lagt til side på et velegnet deponi som må planlegges og godkjennes av geotekniker. Etter endt steinutlegging skal disse massene brukes som vekstlag over de utlagte steinmassene, og slik danne grunnlaget for raskere revegetering. Rydding av vegetasjon skal foregå så skånsomt som mulig, slik at det ikke fjernes mer enn nødvendig for å kunne gjennomføre sikringstiltaket.

Rør og stikkrenner i tiltaksområdet må lokaliseres og graves frem.

3.4 Erosjonssikring av Steinselva

Erosjonssikring av Steinselva vil utføres ved å kle bekkens bunn og sider med samfengt sprengt stein på en strekning til sammen ca. 1000 m, se vedlagte plantegning, tverrprofiler og lengdeprofil. Groper i terrenget etter tidligere utglidninger vil bli steinsatt for å hindre ytterligere forverring av stabiliteten.

Ved gjennomføringen vil dagens bekkbunn heves med ca. 1 m. I tillegg til sikring mot bunnerosjon gir dette også en viss beregningsmessig øking av stabiliteten i skråningene. Ved øvre og nedre avslutning av anlegget, og ved endene av kulverten, skal elvebunnen gradvis gå over i eksisterende terreng høyde.

Det er beregnet et totalt forbruk på ca. 30 000 m³ samfengt sprengstein for sikring av Steinselva. Massene kan hentes fra et lokalt etablert steinbrudd. Erosjonssikringen dimensjoneres med steinstørrelse $d_{50} = 600$ mm i bunn, og $d_{50} = 660$ mm i sideskråninger. Sikringen skal ha en gradering der $1,5 < D_{85}/D_{15} < 2,5$. Velgraderte masser vil redusere porøsiteten til steinfyllingen slik at vannet lettere kommer til overflaten i den nye bunnen. Samtidig vil de velgraderte massene også fungere som et filter som beskyttelse mot at finstoff i underlaget vaskes ut.

Adkomstvegene er planlagt etablert slik at sikringsmassene kan transporteres inn fra nedstrøms elv og i retning mot strømmen. Sikringsmassene kan anrettes som en anleggsveg i elva. Massene legges ut jevnt over bunnen av elveprofilen slik at strømmingen ikke konsentreres i en del av tverrsnittet og forårsaker økt erosjon. Det er viktig at massene i bunnen komprimeres tilstrekkelig slik at fyllingen blir tett nok til at vannet renner oppå. Når angitt mengde masser er fraktet ut i elva ordnes massene i henhold til tverrprofilene i sikringsplanen.

3.5 Sikker anleggsutførelse

Arbeid i områder med kartlagt kvikkleire og dårlig stabilitet kan være utfordrende og krever spesiell oppmerksomhet fra den utførende med hensyn på sikkerhet gjennom anleggsperioden. Det er viktig at arbeidet utføres på en slik måte at stabiliteten i området ikke på noe tidspunkt forverres.

Det må utarbeides en egen SHA-plan for tiltaket som inkluderer risikovurdering med beskrivelse av hvordan identifiserte risikoforhold i prosjektet skal håndteres.

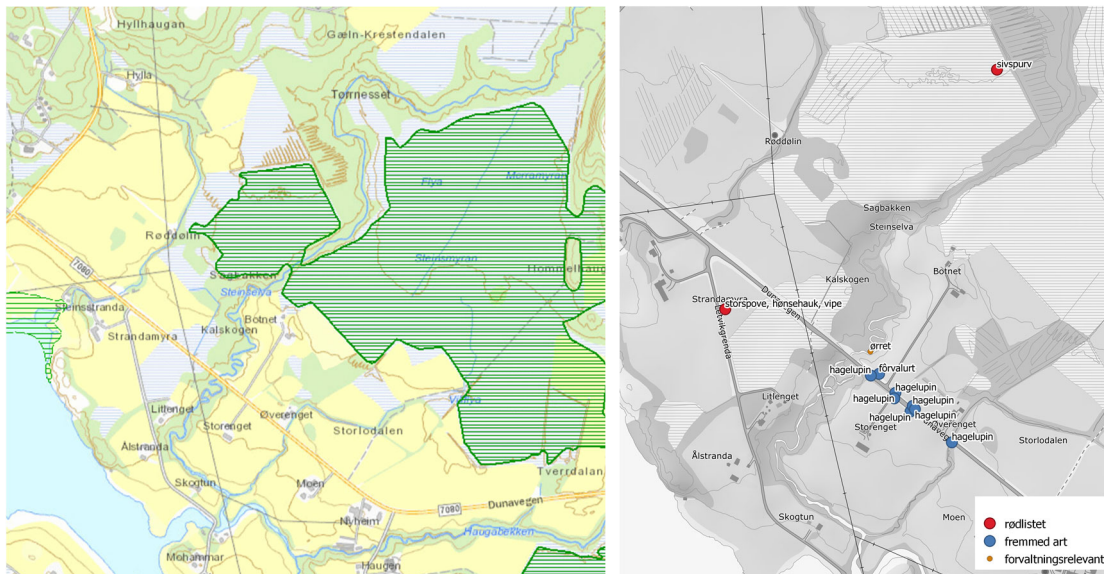
3.6 Avsluttende arbeider

Ved avslutningen av anleggsarbeidene vil det legges stor vekt på å ivareta miljøverdiene i vassdraget. Det skal tilstrebis at kantvegetasjonen reetableres raskt og effektivt ved utlegging av stedegne vekstmasser, og ved flytting eller planting av stedegne trær.

Ved anleggets slutt skal anleggsområdet ryddes og eventuelle skader på terrenget utbedres. Adkomstveger og anleggsveger i tiltaksområdet skal fjernes, og eventuelle overskuddsmasser deponeres på et velegnet sted i nærheten i samråd med geoteknikere og grunneiere.

4 Naturmangfold

Tiltak i Steinselva vil kunne påvirke naturmangfold knyttet til kantvegetasjon og i selve elva. Det er registrert ørret (jf. Artskart er en observasjon gjort i 2012) i elva. Ingen rødlistede arter er registrert i kantvegetasjonen, men elva renner gjennom et parti med kystmyr (jf. Naturbase ble myrtypen som iht. dagens klassifikasjonsrammeverk enten er terrengdekkende myr (en sårbar naturtype) eller nedbørsmyr (en nær truet naturtype), registrert i 2005). Like øst for der elva går gjennomkultvert under Dunavegen er flere fremmede skadelige plantearter observert (i 2006 og 2015). Se Figur 4 som viser hvor naturverdier er registrert.



Figur 4. Naturtype (kystmyr) registrert i Naturbase og arter som må hensyntas registrert i Artskart.

Tiltak som må gjennomføres for å unngå tap av naturmangfold er:

- Ikke berør myrområder.
- Kartlegge skog før hogst.
- Merke trær og avklare med de som skal utføre hogst, hvilke trær som kan hogges og hvilke trær som bør stå.
- Kartlegge forvaltningsrelevante planter, lav, sopp og moser i vekstsesongen.
- Kartlegge fremmede skadelige planter i vekstsesongen.
- Kartlegge vannlevende organismer (elvemusling, bunndyr og fisk) etter at isen er forsvunnet.
- Basert på funn fra kartleggingene: utarbeide en miljøplan som inkluderer beskrivelser på tiltak for å hensynta og bevare naturmangfold.
- Gjennomfør avbøtende tiltak for å hindre forringing av habitat til forvaltningsrelevante arter iht. miljøplan.
- Gjennomfør avbøtende tiltak for å hindre spredning av fremmede arter iht. miljøplan.

Det er planlagt å utføre befaring med kartlegging og videre vurdering av tiltak som må gjennomføres for å unngå tap av naturmangfold. Resultatet av befaringsene vil bli implementert i tiltaksplanen.

5 Virkninger

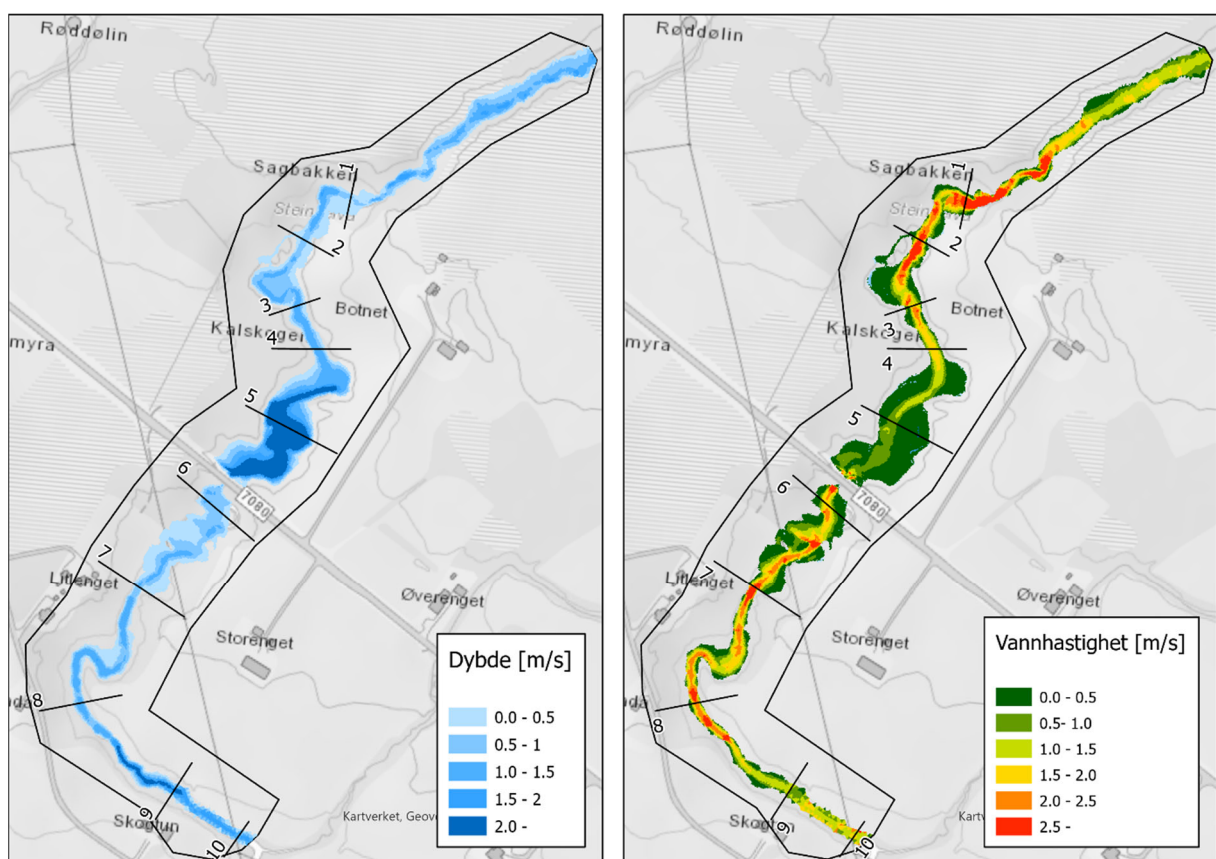
5.1 Stabilitet

Den planlagte erosjonssikringa av Steinselva vil stanse erosjon inn mot kvikkleiresonene, og hindre utglidninger som kan forårsake ytterligere forverring av stabiliteten. I tillegg vil bunnhevingen av Steinselva gi en viss beregningsmessig øking av stabiliteten. Tiltaket bidrar til at faregraden i kvikkleiresone 2498 Steinselva vest reduseres fra «høy» til «middels» og faregraden i kvikkleiresone 2534 Steinselva øst reduseres fra «høy» til «lav», og dermed gir høyere sikkerhet mot kvikkleireskred for eksisterende bebyggelse.

Det legges ikke opp til et sikringsnivå som klargjør området for ny utbygging. Eventuelle utbyggingsplaner eller masseforflytning innenfor kvikkleiresonene krever medvirkning av geotekniker og supplerende grunnundersøkelser.

5.2 Hydrauliske forhold

For å beskrive dimensjonerende flomvannføring og hydrauliske effekter grunnet denne, er det utført flomberegning og hydraulisk modellering. Dette er nærmere beskrevet i vedlegg 1. Dimensjonerende flomverdi (Q200 inkl. 40% klimapåslag) er beregnet til 15,6 m³/s. Ved denne flomvannføringen oppstår det høye hastigheter flere plasser i planlagt erosjonssikret område. Sikringen er derfor dimensjonert for disse vannhastighetene.



Figur 5 til venstre: beregnet dybde ved 200-årsflom etter innføring av tiltak. Til høyre: beregnet vannhastighet ved 200-årsflom etter innføring av tiltak

Det er utført beregning både med forenklete (Mannings formel) og mer avanserte (2d-hydraulisk modell) metoder. Resultatene viser at Mannings formel kan være aktuell å bruke i områder der

elv/bekken er rett og ikke møter på hinder, mens det lønner seg å benytte mer avanserte metoder der elvegeometrien er mer komplisert, slik som i Steinselva.

5.3 Kulturminner

Ved søk etter kulturminner i Kulturminnesøk /5/ er det ingen funn i og nær tiltaket.

5.4 Brukerinteresser

Sikringstiltaket ligger innenfor arealdel avmerket som spredt boligbebyggelse i kommunedelplanen. Tiltaket planlegges slik at det skal ivareta de brukerinteressene som er i området i størst mulig grad ved å opprettholde et naturlig inntrykk og utforming, samtidig som det i tillegg gir økt sikkerhet/trygghet for boligene innenfor kvikkleiresonene.

6 Kostnadsoverslag

Det er utarbeidet et kostnadsoverslag for tiltaket basert på erfaringspriser og en mengdebeskrivelse. Mengdebeskrivelsen er utarbeidet etter NS3420.

Tabell 1: Kostnadsoverslag for sikringstiltak i Steinselva

Post	Beskrivelse	Mengde	Pris (NOK)
Rigg		15 %	kr 1 456 290
Markrydding	Skog og vegetasjonsrydding langs elveleiene Oppstrøms Nedstrøms Totalt	9 000 m ² 12 000 m ² 21 000 m ²	kr 525 000
Berg	Erosjonssikring oppstrøms (inkludert 15 %) Erosjonssikring nedstrøms (inkludert 15 %) Adkomstveger Totalt	12 200 m ³ (14 030 m ³) 13 760 m ³ (15 824 m ³) 550 m ³ 30 404 m ³	kr 7 601 000
Terrengarbeider	Arrondering og utlegging av vekstmasser	8 000 m ³	kr 700 000
Diverse uforutsett		10 %	kr 882 600
Beregnet kostnad ekskl. mva. (avrundet)			kr 11 200 000

Masseberegninger er utført basert på modeller av tiltakene i programmet Civil 3D. Mengder for riggekostnader og diverse uforutsett er hentet fra tilsvarende prosjekt/tiltak. Pris- og lønnsstigning vil frem til utførelse påløpe i tillegg.

7 Gjennomføring

Ved oppstart av anlegget skal planlegger og anleggsleder gå gjennom planene med det utførende ledd, slik at en sikrer at resultatet blir i samsvar med planen. Planlegger skal på stedet an vise nedkjørsel og avmerke vegetasjon som skal bevares. I samarbeid med kommunen skal berørte grunneiere varsles og orienteres om oppstart av arbeidene. Alle anleggsveier og midlertidige deponier skal godkjennes av geotekniker.

Det kan bli nødvendig med noen mindre justeringer av planen for å tilpasse anlegget til eventuelle endringer fram til anleggsstart.

8 Oppfølging og vedlikehold

Det er viktig at de utførte tiltakene blir holdt under tilsyn og vedlikeholdt slik at deres stabiliserende effekt ikke forringes i fremtiden. Strekninger med flom- og erosjonssikring skal etterses og eventuelle svakheter skal utbedres med tilførsel av nye steinmasser. Etter en prøveperiode er det normalt kommunen og eventuelt grunneierne som har det daglige ansvaret for tilsyn av anleggene. Tilsyn med vassdragsanlegg er beskrevet i *Forskrift om kommunalt tilsyn med anlegg for sikring mot flom, erosjon og skred (2005)* med hjemmel i Vannressursloven. Tilsynet skal gi grunnlag for å vurdere behovet for vedlikehold og utbedringer av anleggene.

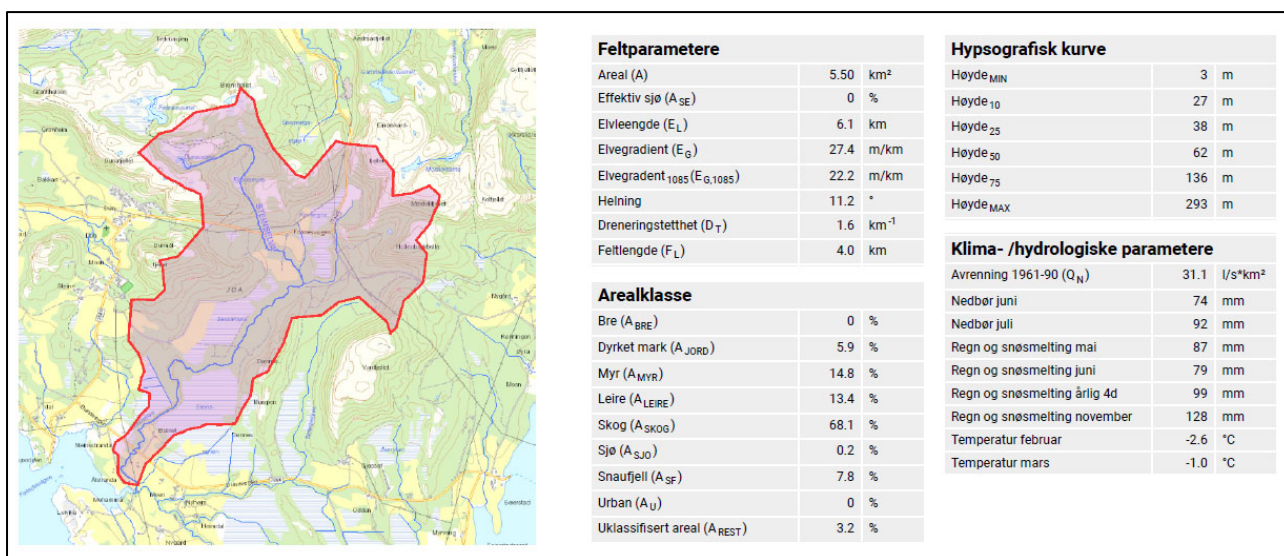
9 Referanser

- /1/ Multiconsult Norge AS, rapport 10223831-RIG-RAP-001 «Sikringstiltak Steinselva, Jøa. Kvikkleiresoneutredning» (18.02.2021)
- /2/ Multiconsult Norge AS, rapport 10216710-RIG-RAP-001 «Ras Jøa. Datarapport geotekniske grunnundersøkelser» (28.02.2020)
- /3/ Statens vegvesen, rapport Vd1444A-GEOT-R01 «Fv. 7080 Skred ved Storenget på Jøa. Grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger. Forslag til utbedring» (28.02.2018)
- /4/ NVE, notat, Saksnr. NVE201910831, SIKRID:20851, «Befaringsnotat: Erosjon i Steinselva på Jøa, Namsos kommune» (03.12.2020)
- /5/ Kulturminnesøk, www.kulturminnesok.no, «En tjeneste fra Riksantikvaren, Direktoratet for kulturminneforvaltning», hentet 25.03.2021
- /6/ Multiconsult Norge AS, rapport 10215610-RIG-NOT-001 «Ras Jøa. Stabilitetsvurdering» (24.06.2020)

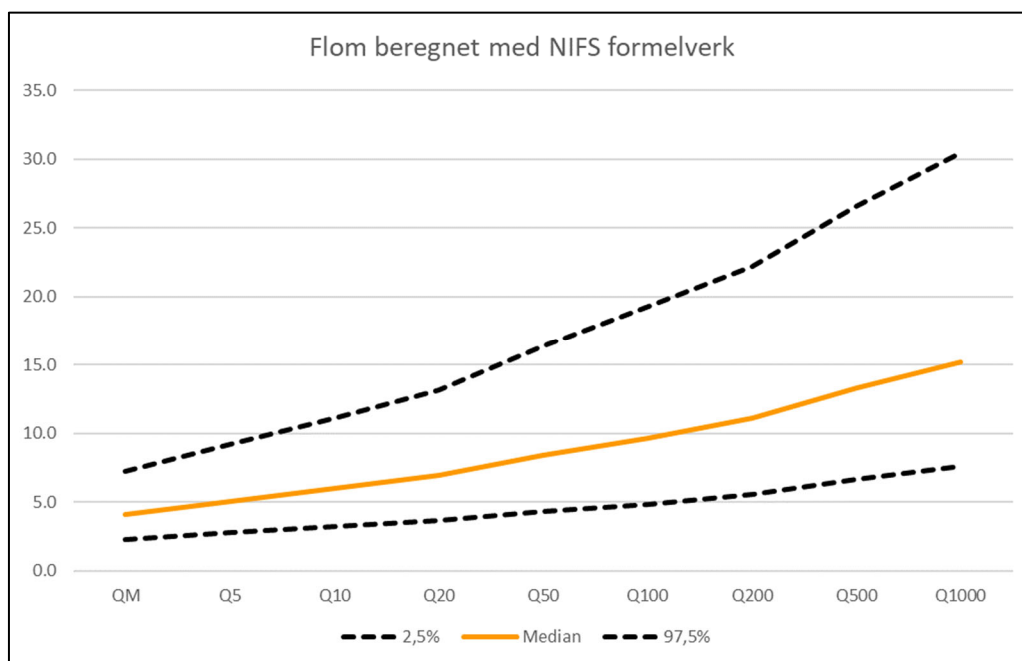
10 Vedlegg 1 – Flomberegning og hydraulisk modellering

10.1 Hydrologi

Steinselva har et nedbørfelt på 5,5 km² som består hovedsakelig av skog og myr/leire. Dette er et kystnært felt og det er derfor antatt at de største flommene vil oppstå i forbindelse med intense regnhendelser, som kan oppstå hele året. Det er utført flomberegning ved hjelp av NVEs nettjeneste NEVINA (som benytter formelverket NIFS og RFFA-2018). I beregningen er det benyttet normalavrenning på 31,1 l/s/km² og effektiv sjøprosent lik 0. Det er benyttet verdiene beregnet ved hjelp av NIFS ved dimensjonering av bekkeleiet.



Figur 6 Utsnitt fra NEVINA



Figur 7 Beregning av flomverdier ved hjelp av NIFS, inkludert konfidensintervall

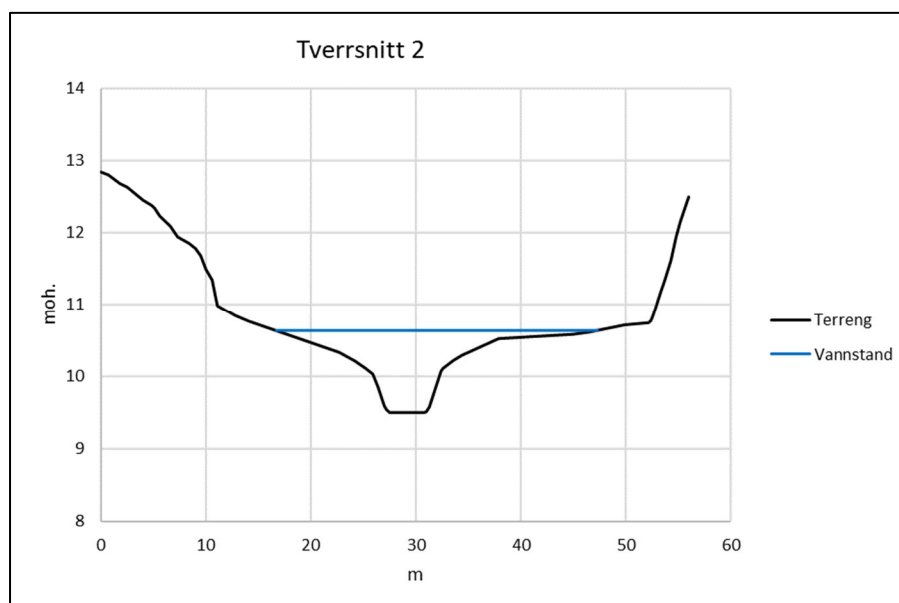
Bekken dimensjoneres for momentan 200-årsflom, der NIFS gir medianverdi på 11,2 m³/s. Inkludert klimapåslag på 40% (hentet fra klimaservicesenter) får vi **dimensjonerende flomverdi på 15,6 m³/s**, som benyttes videre i hydraulisk modellering.

10.2 Hydraulikk

Erosjonssikringen og bekketverrsnittet dimensjoneres ved hjelp av input fra hydraulisk modellering. Det er utført vurderinger basert både på Mannings formel, og med resultater fra 2-dimensjonal hydraulisk modellering ved hjelp av programvaren MIKE 21 FM. Begge vurderingene er basert på terrengmodell som beskriver elveleiet med erosjonssikring.

10.2.1 Mannings formel

Mannings formel kan benyttes til å finne vannstand og vannhastighet i et tverrsnitt, ved å anta at det er normalstrømning i elven. Denne antagelsen fører med seg at det derfor heller ikke er obstruksjoner nedstrøms som kan føre til oppstuvning, slik som kulverter eller svært meandrende elveleier slik vi finner i Steinselva. Det er utført beregning for utvalgte tverrsnitt (vist i Figur 9) i elven. Det er brukt manningstall lik $M=25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, og elvegeometrien er hentet fra terrengmodellen der sikringstiltak er inkludert.



Figur 8 Beregnet vannstand ved hjelp av Mannings formel, her vist for tverrsnitt 2

Tabellen under viser beregningsresultater for beregning ved hjelp av Mannings formel.

Tabell 2 Beregningsresultater ved bruk av Mannings formel

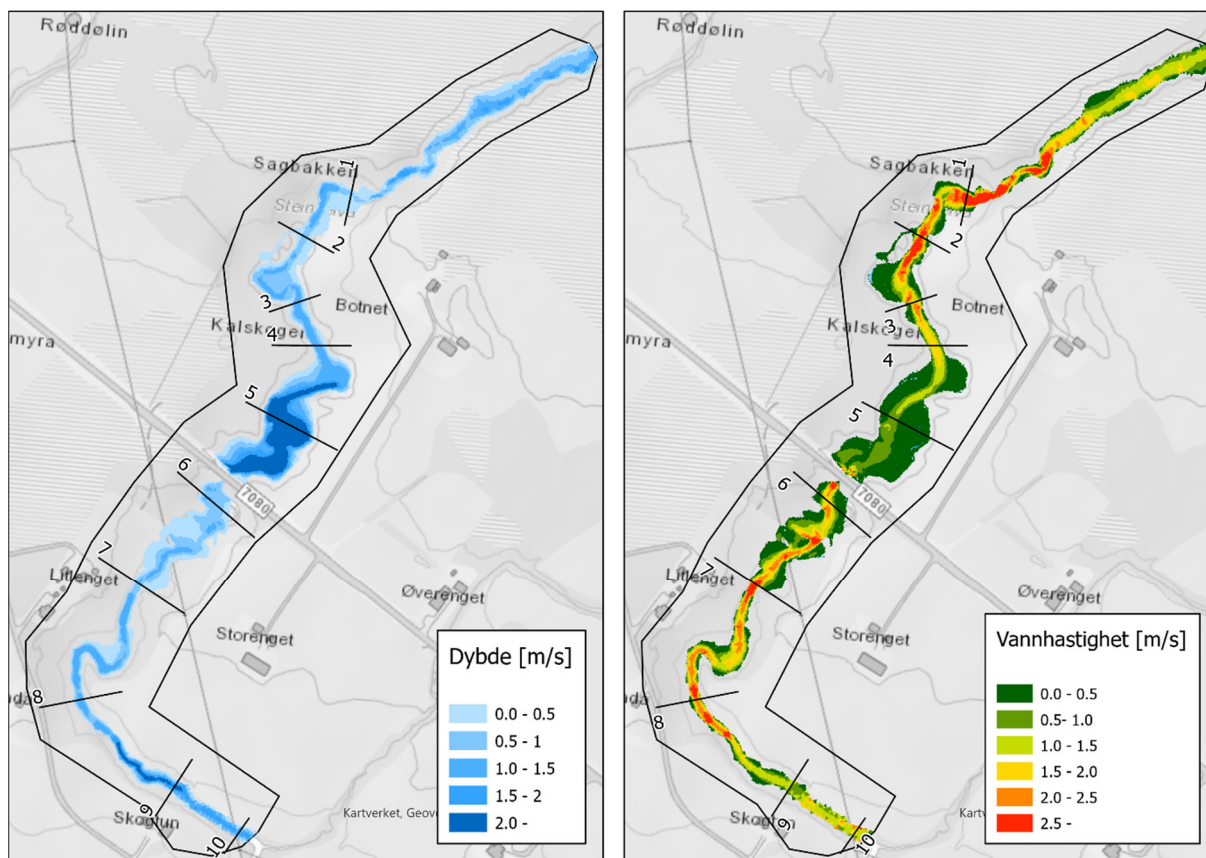
Tverrprofil	Vannstand (moh.)	Vannhastighet (m/s)
2	10,63	1,4
5	7,29	1,15
7	5,22	2,14
9	3,22	0,93

10.2.2 2D modellering

For å utføre hydraulisk modellering er det hydrauliske beregningsprogrammet MIKE 21 FM benyttet. MIKE 21 FM kan utføre både hydrologiske og hydrauliske simuleringer, og brukes for å modellere og simulere overflatevann i 2D hydrauliske simuleringer. I dette oppdraget er det brukt «Flexible Mesh» varianten, da dette gir mulighet for å detaljere terrenget der det trengs (fleksibelt terreng). Det vil i dette oppdraget hovedsakelig bety hovedelveleiet.

I Mike 21 Flexible Mesh (FM) er det terrenngmodellen som legges inn som er hovedgrunnlaget, og en av de viktigste parameterene for beregningen. I tillegg til terrenngmodellen defineres det friksjonskoeffisient (Manningstall) til overflaten. I denne beregningen er det benyttet manningstall $M=25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. I tillegg legges også grensebetingelser inn i modellen. I denne beregningen er øvre grense konstant vannføring tilsvarende dimensjonerende vannstand. Nedre grense er havvanstand med høyvann tilsvarende 1 års gjentaksintervall (1,65 moh. ved NN2000, funnet fra sehavniva.no). I tillegg er det lagt inn en kulvert under Dunavegen. Denne har dimensjoner $2*2,5 \text{ m}$ (b*h), funnet fra vegkart – 2019.atlas.vegvesen.no. Innløp, lengde og utløpshøyden er definert ved hjelp av høyder og geometri funnet i terrenngmodellen/kart.

Beregningen viser at det oppstår høye hastigheter flere steder i elveleiet. De største oppstår i øvre deler, i overgangen mellom naturlig terreng og sikret område. Beregningen viser også at det vil bli litt oppstuvning grunnet kulverten, noe som gjør at det vil bli lavere vannhastigheter i dette området ved dimensjonerende flom. Det er forventet at dette området oppstrøms kulverten vil ha høyere vannhastigheter ved mindre flommer der kulverten har kapasitet til å føre gjennom mer vann.



Figur 9 Til venstre: beregnet dybde ved 200-årsflom inkludert klimapåslag etter innføring av tiltak. Til høyre: beregnet vannhastighet ved 200-årsflom inkludert klimapåslag etter innføring av tiltak

Tabellen under viser beregningsresultater fra 2d-modellen. Presenterte vannstander og hastigheter er de største i eller i umiddelbar nærhet av tverrprofilen.

Tabell 3 Beregningsresultater fra MIKE

Tverrprofil	Vannstand (moh.)	Vannhastighet (m/s)
1	11,48	3,7
2	10,46	2,7
3	9,51	1,8
4	9,27	1,9
5	9,17	0,9
6	6,5	1,9
7	5,14	3,0
8	3,71	2,8
9	3,1	1,0
10	2,64	1,4

10.3 Sammenligning av beregningsmetodikk

Det er utført en sammenligning av de to beregningsmetodene ved de samme tverrprofilene, som vist i tabellene under. Dette er gjort for å belyse forskjell i beregningsmetodikk.

Tabell 4 Forskjell i vannstand beregnet med de to metodene

	Mannings formel	MIKE 21 FM	
Tverrprofil	Vannstand (moh.)	Vannstand (moh.)	Differanse (m)
2	10,63	10,46	0,17
5	7,29	9,17	-1,88
7	5,22	5,14	0,08
9	3,22	3,1	0,12

I tillegg til å sammenligne beregnet vannstand, er det også beregnet forskjell mellom vannhastighet i profilene basert på de to beregningsmåtene. De to beregnede vannhastighetene er ikke direkte sammenlignbare, da vannhastigheten presentert for 2d-beregningen er maksimal vannhastighet i profilet, mens vannhastigheten beskrevet med Mannings er et gjennomsnittstall for hele tverrsnittet. Forskjellene er likevel vist i tabellen under for å gi leseren et inntrykk.

Tabell 5 Forskjell i vannhastighet beregnet med de to metodene

	Mannings formel	MIKE 21 FM	
Tverrprofil	Vannhastighet (m/s)	Vannhastighet (m/s)	Differanse (m/s)
2	1,4	2,7	-1,3
5	1,15	0,9	0,25
7	2,14	3,0	-0,86
9	0,93	1,0	0,07

Sammenligningen viser at der elven er relativt rett og ikke er direkte påvirket av hindringer, er beregnet vannstand fra Mannings formel og 2d-beregningen relativt like. Det er derimot mye større forskjell i de områdene der det er endringer i helning (slik som øverst i elveleiet) og der det er konstruksjoner (som oppstrøms kulverten).

Dette viser at forenklete beregninger kan vurderes benyttet ved dimensjonering av sikringstiltak der elven er rett og har uniform strømning, men ved tilfeller der det er konstruksjoner og hyppige endringer i strømningsretning, bør andre metoder vurderes. Her er for eksempel 2d-modellering et godt verktøy.

10.4 Dimensjonering av erosjonssikring

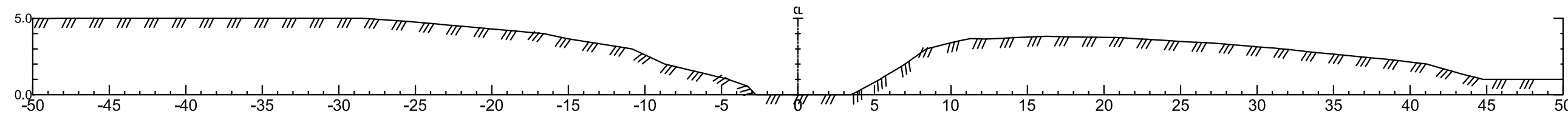
Det er beregnet at det oppstår relativt høye hastigheter i flere områder der det er planlagt sikringstiltak i Steinselva. For dimensjonering velger vi å benytte resultater fra 2d-modellen, da disse er ansett som mest representative for forventet flomsituasjon ved dimensjonerende flom i Steinselva. I 2d-beregningen fører kulverten til oppstuvning og lavere vannhastigheter i området oppstrøms ved dimensjonerende flom. Det er vurdert at det kan oppstå høyere vannhastigheter i dette området når det er flom med lavere gjentaksintervall, når kulverten ikke er en flaskehals. Det anbefales derfor å benytte lik sikring i dette området som i resten av elveleiet. De høyeste hastighetene finner vi i øvre deler av sikringsområdet (rundt tverrprofil 1 og 2), der det stedvis er beregnet hastigheter mellom 3,5 og 4 m/s. Her kommer vannet ned fra et brattere parti før det renner inn i det sikrede elveleiet. Det er valgt en konservativ tilnærming, og vi benytter maksimal hastighet beregnet for hvert tverrprofil videre i dimensjoneringen.

For å dimensjonere sikringstiltaket, er det benyttet Maynords formel. Dette er et formelverk som er utviklet til å beregne dimensjonerende steinstørrelse i sikring for elver med fall opp til 2%, som beskrevet i NVEs veileder for erosjonssikring (NVE, 2009). Ved å benytte hastighet (3,5 m/s), dybde (1 m) og bredde (10 m) fra tverrprofil 2 (antatt representativ for de mest erosjonsutsatte områdene i sikret område), får vi steinstørrelse i bunn på $d_{50} = 0,60$ m. Dette inkluderer en sikkerhetsfaktor på 1,2. I sideskråningene er det beregnet nødvendig steinstørrelse $d_{50} = 0,66$ m. Utlegging av stein bør gjøres slik at tykkelsen minimalt er større enn største stein i graderingen ($t_{\min} > D_{\max}$) og sikringen er større enn to ganger D_{50} ($t_{\min} > 1,5D_{50}$), som i dette tilfellet vil si over 0,90 m for bunn og 0,99 m for sidene. Sikringen bør ha en gradering der $1,5 < D_{85}/D_{15} < 2,5$. I tillegg bør det også vurderes om det bør legges et filterlag, slik at massene under sikringen ikke vaskes ut. Sikringen føres minst en 0,5 m over beregnet vannstand (fribord), for å ta høyde for eventuelle usikkerheter i beregnet vannstand.

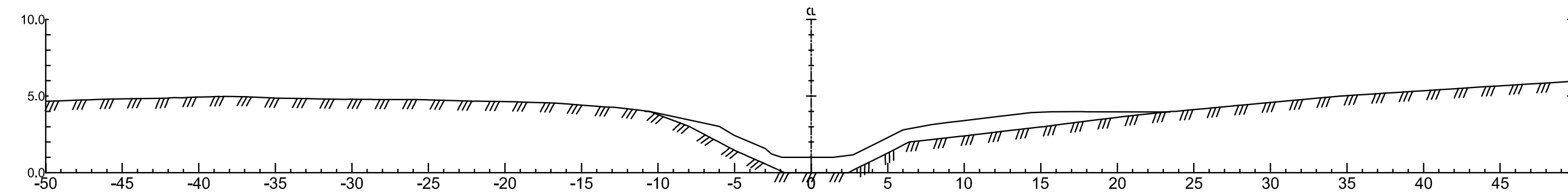
Det er utført beregning av dimensjonerende steinstørrelse for flere av tverrsnittene i elven, og det er funnet at steinstørrelse i samme størrelsesorden kan forventes i store deler av sikret område. Vi velger derfor å anbefale at det benyttes samme steinstørrelse og sikringsmetode for hele det sikrede området.

C:\Users\mmr\Desktop\Planregning\aa.dwg - Layout (Pr 0-150) - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.15 kl. 16:33

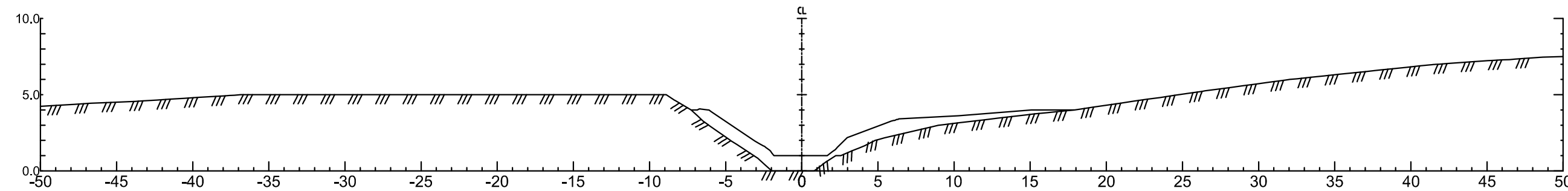
Nedstrøms
Pel nr 0 - Skala 1:300



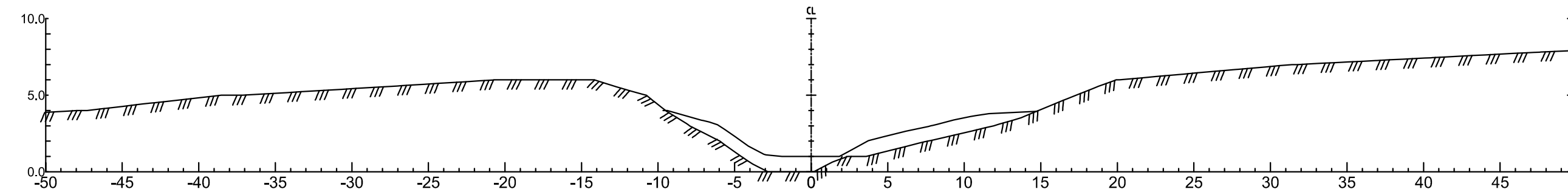
Nedstrøms
Pel nr 50 - Skala 1:300



Nedstrøms
Pel nr 100 - Skala 1:300



Nedstrøms
Pel nr 150 - Skala 1:300



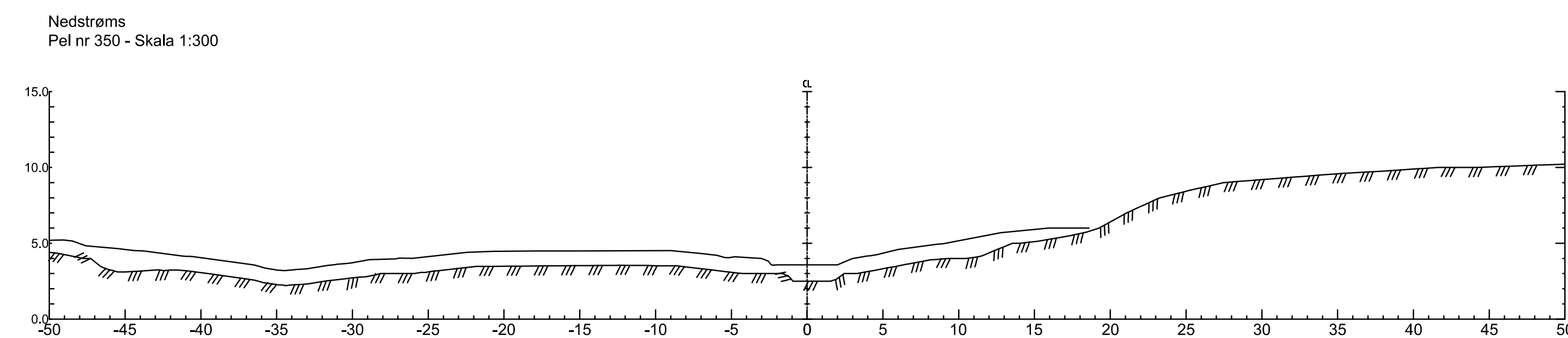
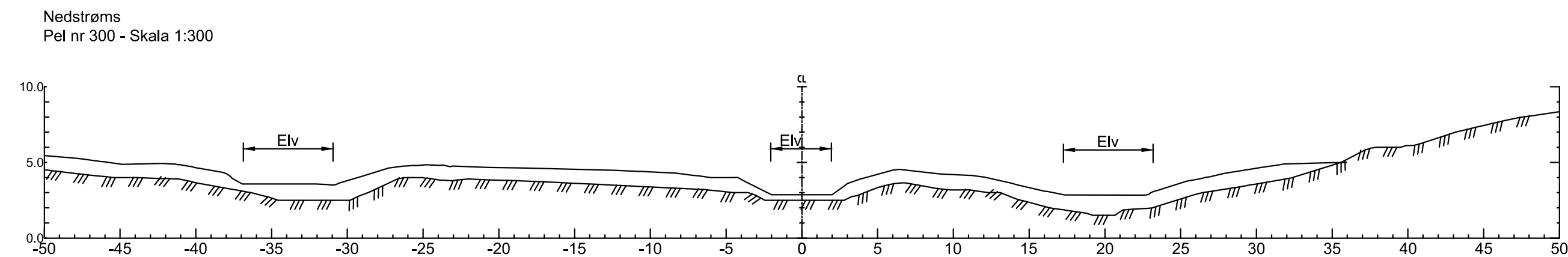
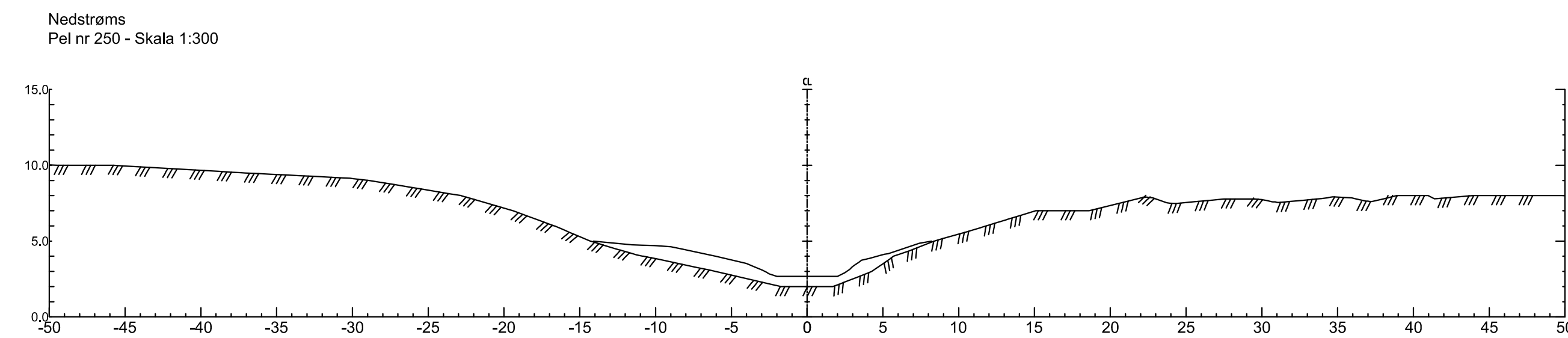
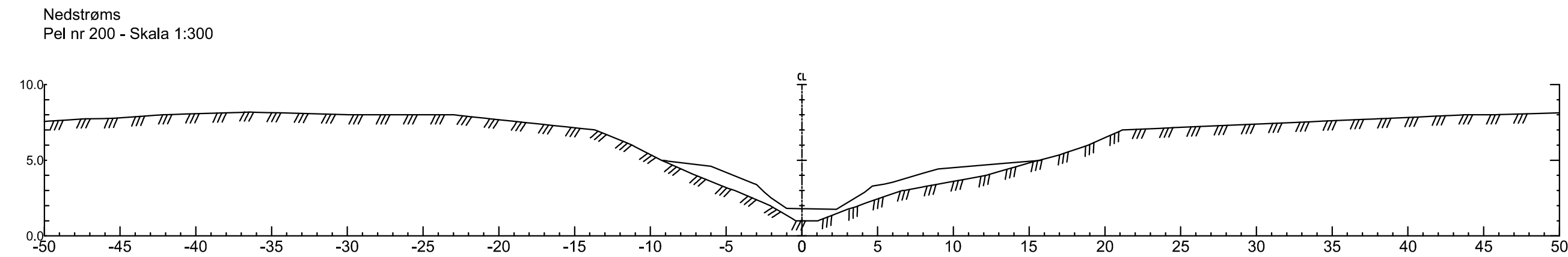
Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.1		Rev.	00

00		2021.04.16	MMR	GURT	ANG	
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 0-150

C:\Users\mmr\Desktop\Plantegning\aa.dwg - Layout (Pr 200-350) - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.16 kl. 8:58



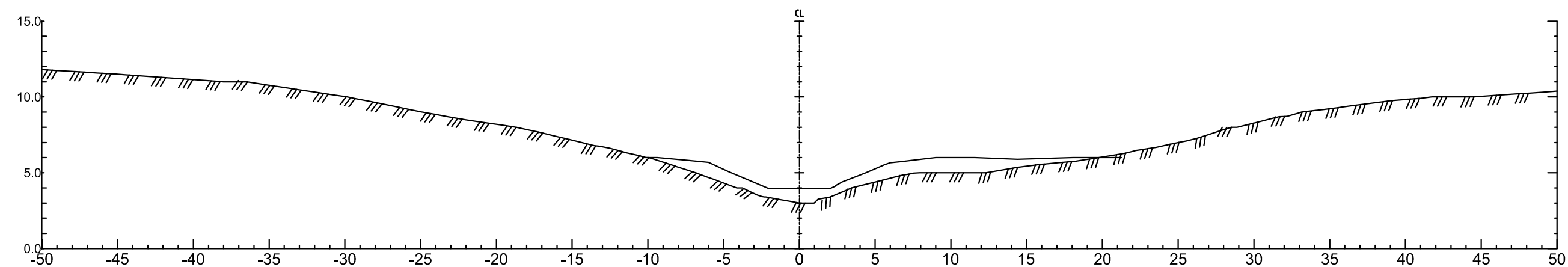
Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.2		Rev.	00

00		2021.04.16	MMR	GURT	ANG	
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

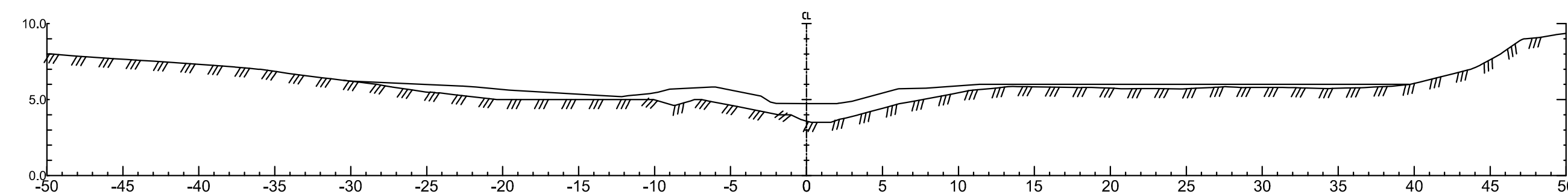
Multiconsult
www.multiconsult.no

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 200-350

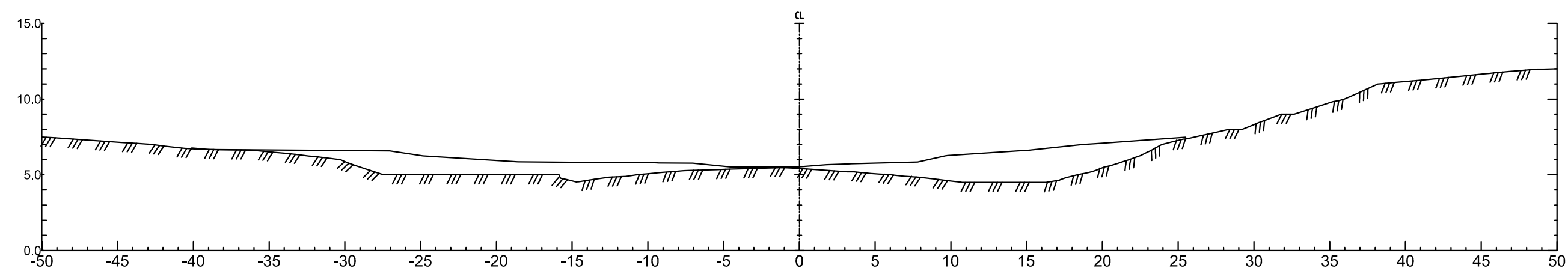
Nedstrøms
Pel nr 400 - Skala 1:300



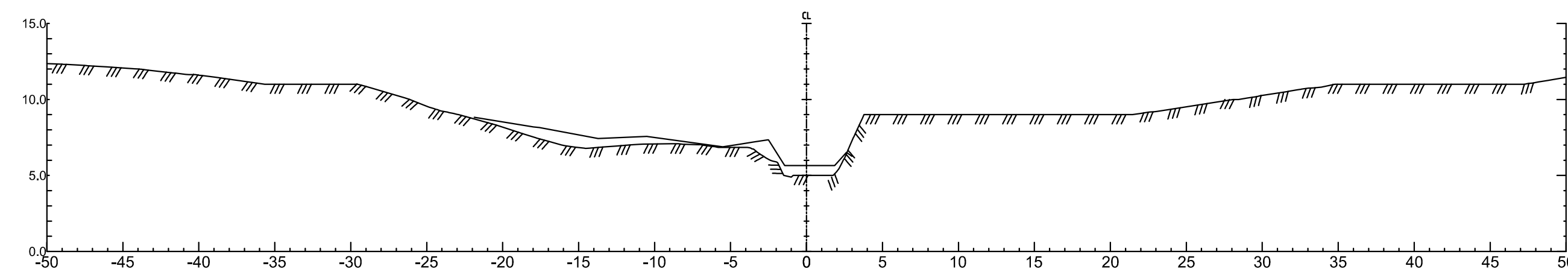
Nedstrøms
Pel nr 450 - Skala 1:300



Nedstrøms
Pel nr 500 - Skala 1:300



Nedstrøms
Pel nr 535 - Skala 1:300



Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.3		Rev.	00

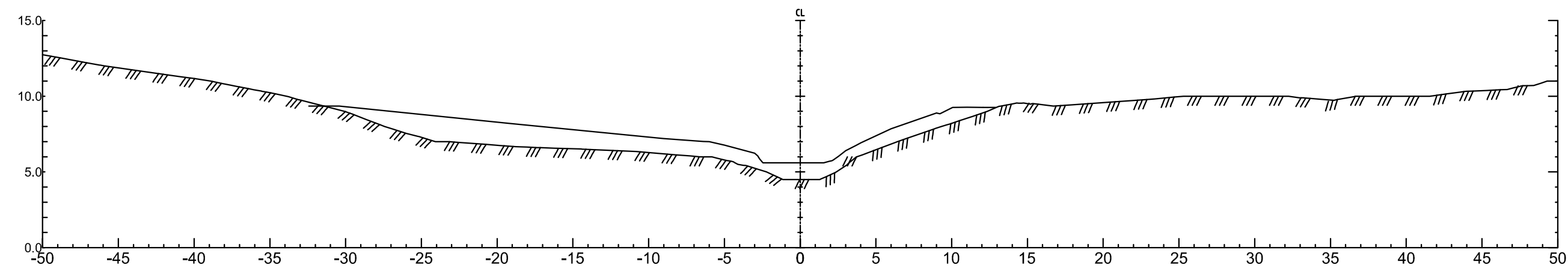
00		2021.04.16	MMR	GURT	ANG	
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

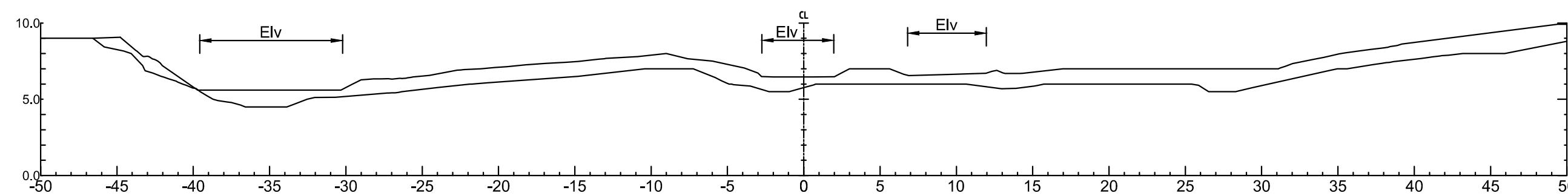
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 400-530

C:\Users\mmr\Desktop\Plantegning\æa.dwg - Layout: [Pr. 400-500] - Plottet av: mmr. Dato: 2021.04.15 kl. 16:40

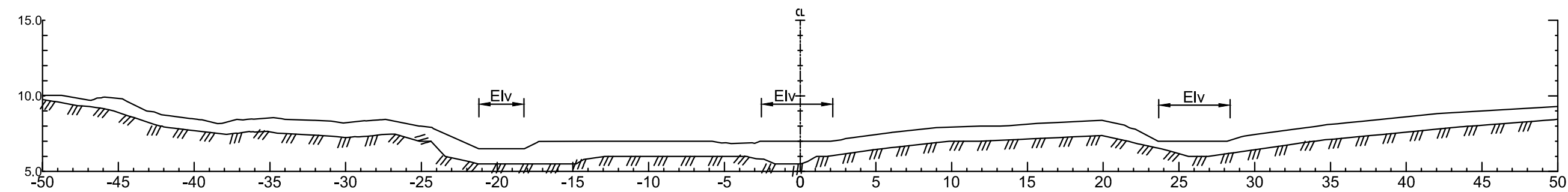
Oppstrøms
Pel nr 550 - Skala 1:300



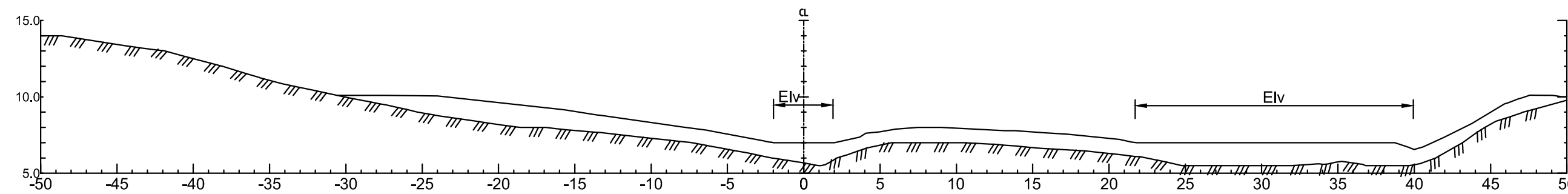
Oppstrøms
Pel nr 600 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 650 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 700 - Skala 1:300



Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.4		Rev.	00

00		2021.04.16	MMR	GURT	ANG	
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

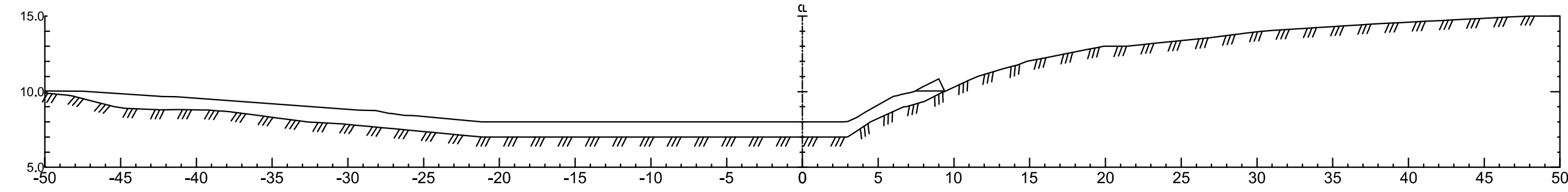
Multiconsult
www.multiconsult.no

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 550-700

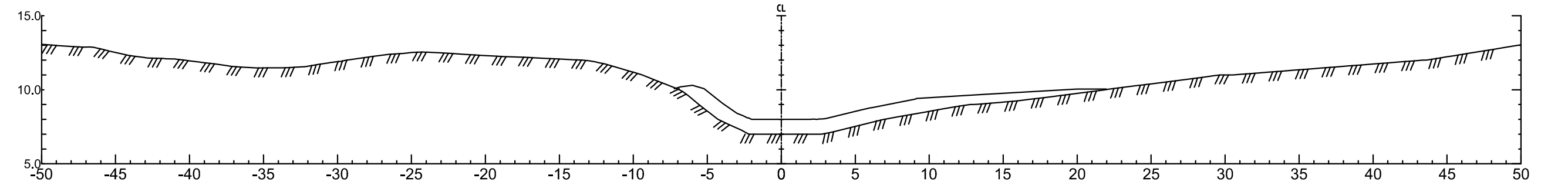
C:\Users\mmr\Desktop\Planregning\aa.dwg - Layout (Pr: 550-700) - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.15 kl. 16:42

C:\Users\mmr\Desktop\Planregning\aa.dwg - Layout (Pr 750-900) - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.15 kl. 16:44

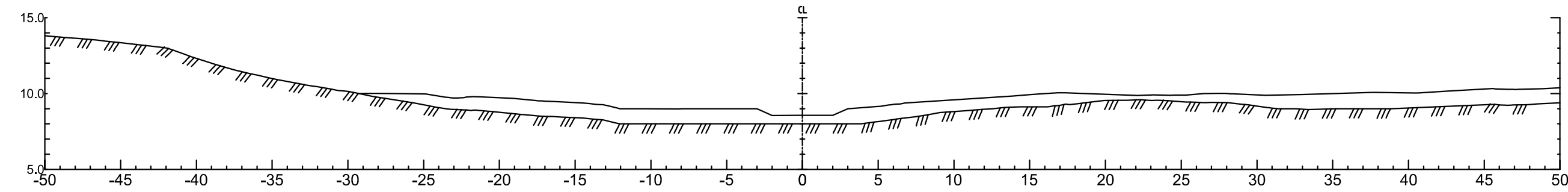
Oppstrøms
Pel nr 750 - Skala 1:300



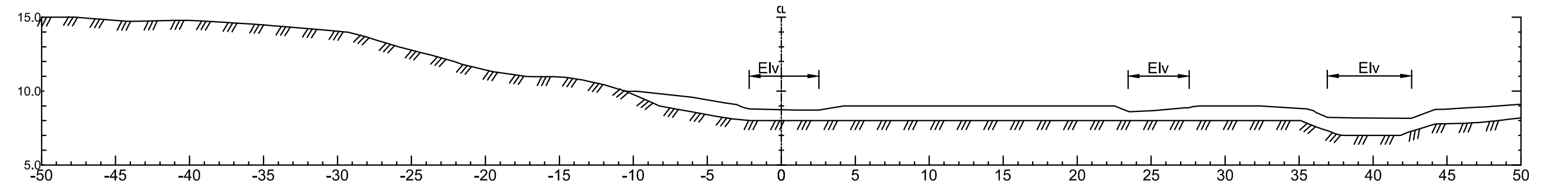
Oppstrøms
Pel nr 800 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 850 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 900 - Skala 1:300



Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.5		Rev.	00

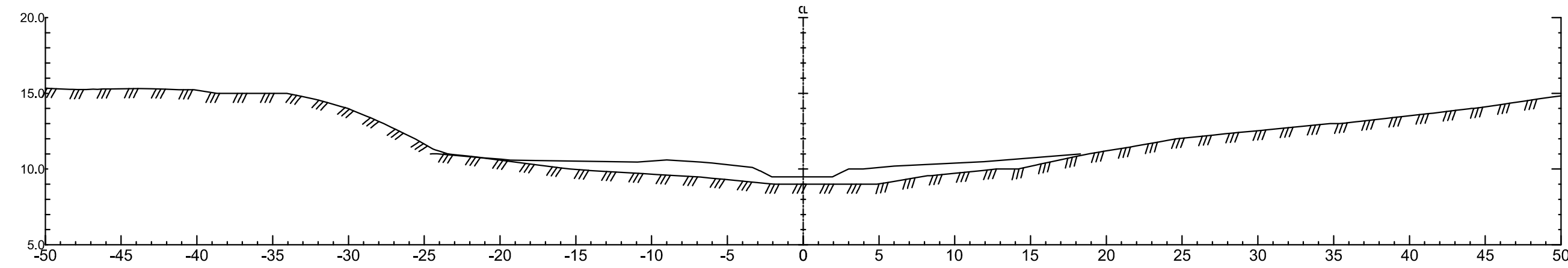
00		2021.04.16	MMR	GURT	ANG	
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

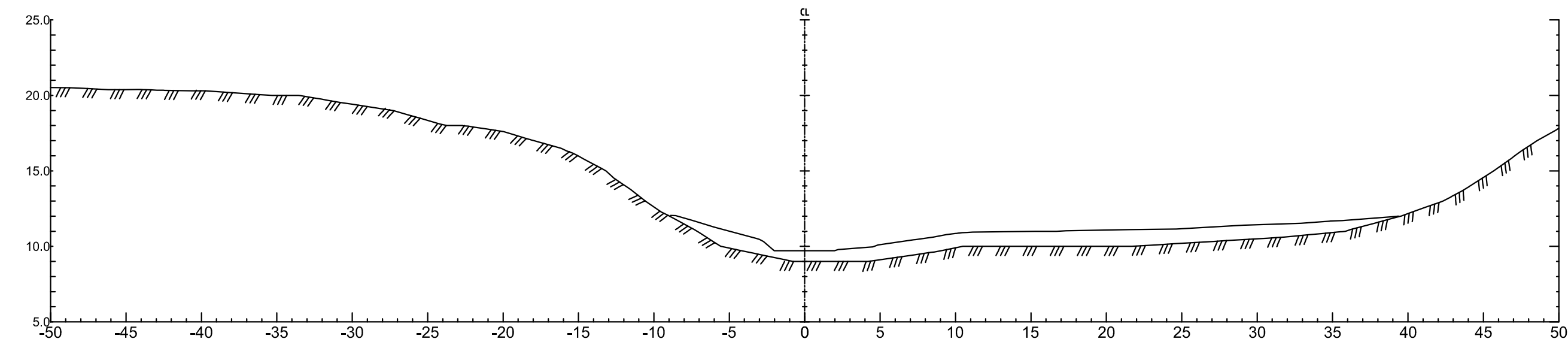
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 750-900

C:\Users\mm\Desktop\Planlegging\led.dwg - Layout: (Pr 950-1034) - Plottet av mmr, Dato: 2021.04.16 kl 8:59

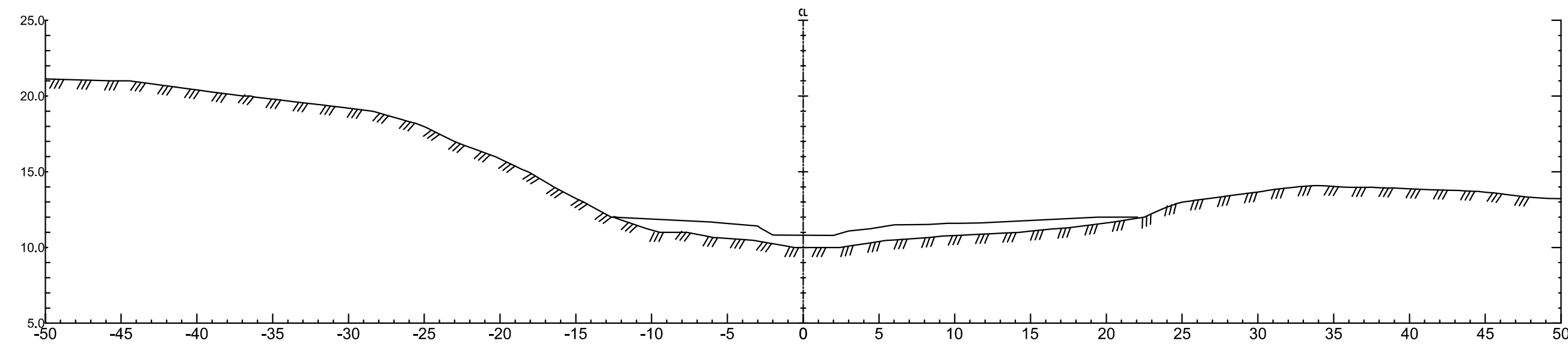
Oppstrøms
Pel nr 950 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 1000 - Skala 1:300



Oppstrøms
Pel nr 1034 - Skala 1:300

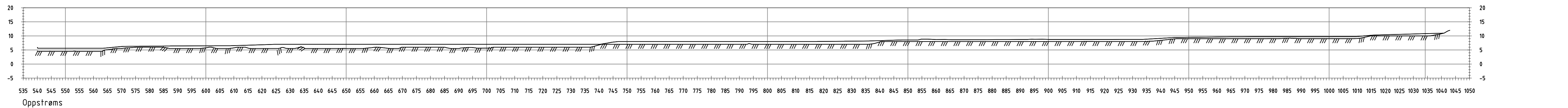
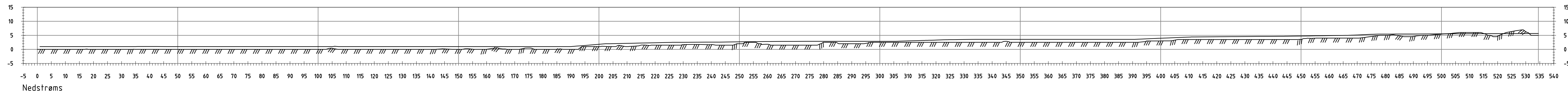


Eksisterende terreng Overflate erosjonssikring							
Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:300
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-600.6		Rev.	00

Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00			2021.04.16	MMR	GURT	ANG



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Tverrprofiler pel 950-1034



Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00			2021.04.16	MMR	GURT	ANG



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
 Sikringstiltak Steinselva, Jøa
 Lengdeprofil pel 0-1034

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2021.04.16
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:750
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-800		Rev.	00

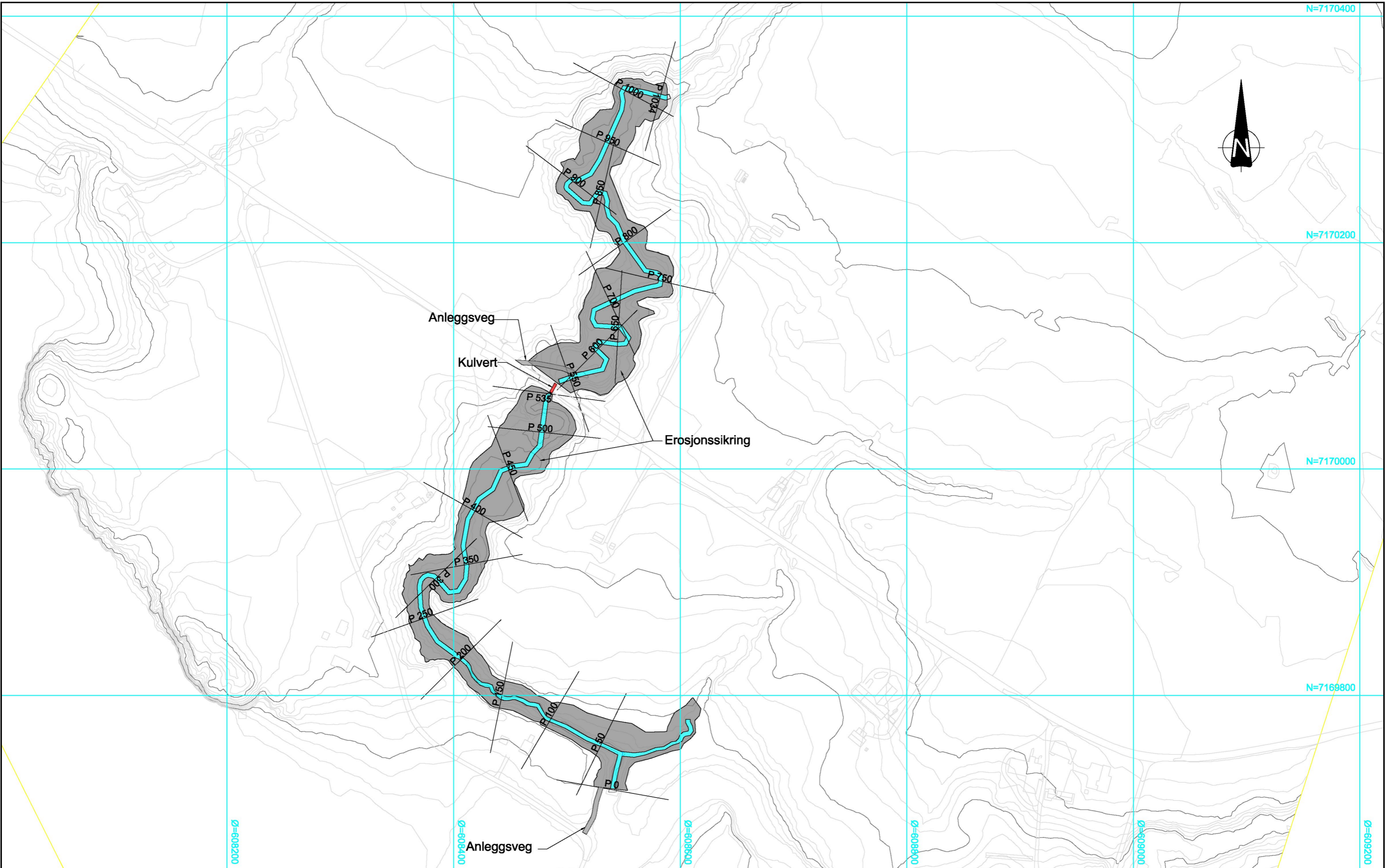
C:\Users\mmr\Desktop\Plantegning\aa.dwg - Layout: (Lengdeprofil) - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.16 kl 10:34

N=7170400

N=7170200

N=7170000

N=7169800



Ø=6008200

Ø=6008400

Ø=6008600

Ø=6008800

Ø=6009000

Ø=6009200

00			16.04.2021	MMR	GURT	ANG
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Sikringstiltak Steinselva, Jøa
Situasjonsplan
Oversikt over planlagt tiltak

Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3	Dato	16.04.2021
Konstr./Tegnet	MMR	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:3000
Oppdragsnr.	10223831		Tegningsnr.	RIG-TEG-900		Rev.	00

C:\Users\mmr\Desktop\Plantegning Jøa.dwg, - Layout: 900 (Prosjektering - A3); - Plottet av: mmr, Dato: 2021.04.16 kl.10:52